

Изследване възможностите за повишаване на точността и качеството при газокислородно термично рязане

П. Петров, Н. Фердинандов, Ст. Димитров

Abstract: *The thermal cutting out of rolled steel sheets has to provide maximal using, high accuracy and quality of the cut down parts in order to avoid their subsequent machining. In this regard it is important the base technological parameters, affecting the quality of the section, to be specified and controlled. The work is an attempt to develop a complex method and criteria for evaluation of the quality of the flame thermal cut down parts, harmonized with EN 9013:2003.*

Key words: *Thermal flame cutting, Quality of the oxyacetylene flame thermal cut, Cut quality parameters.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Поради редицата предимства на термичното рязане, а именно: висока производителност, високо качество и точност на среза, по-ниски енергийни разходи спрямо механичното рязане, то придобива все по-голямо значение при обработването на метални и неметални материали [1]. Задължително условие за успешното прилагане на този процес е познаването на особеностите и възможностите на методите, използващи концентриран топлинен източник като инструмент за разкрояване на изделия. Термичното рязане намира много широко приложение при разкрой на заготовки, изрязване и почистване на отливки, подготовка на краищата за заваряване, профилиране на прокат и тръби.

В практиката се използват редица методи за термично разкрояване, като: газопламъчно, плазмено, лазернолъчево, електродъгово и т.н., като най-разпространеният от тях се явява първият. При него се използва механичната и химическа енергия на кислородната струя, а рязането се основава на способността на метала да гори в струя от чист кислород, при което се отделя голямо количество топлина [1]. Методът обаче не е универсален и намира основно приложение за рязане на обикновени въглеродни, нисколегирани стомани и титан. Дебелините, които могат да бъдат обработвани по този начин в някои случаи достигат до 1000мм.

При подходящи условия и режими на работа с помощта на газокислородното термично рязане е възможно получаването на качествен срез не изискващ използването на допълнителна механична обработка или, ако е необходимо с минимална такава. Някои от основните фактори, влияещи върху качеството на полученият срез са: вид, химичен състав и дебелина на рязания метал; налягане и чистота на режещия и подгриващ кислород; вид и налягане на горимия газ; скорост на рязане; време на задържане при подгриване, разстояние между горелката и обекта на рязане и други. Влиянието им върху качеството на разкрояваните заготовки е разнопосочно, което налага тяхното изучаване по опитен път.

Качеството на повърхнините на среза могат да бъдат описани чрез няколко основни параметъра: правоъгълност или наклон (α); осреднена височина на грапавините

(R_z); изоставане на канала (n); приваряване на горния ръб (r); наличие на мустаци и пръски от стопилка по долния ръб на разреза [3,4]. Върху тези несъвършенства или дефекти оказват влияние както избраният метод на термичен разкрой, така и параметрите на режима на рязане.

ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Целта на работата е свързана с:

- разработване на методика и критерии за оценка точността и качеството при газопламъчно термично рязане.

За реализирането на целта е необходимо да бъдат изпълнени следните задачи:

- разработване на методика за оценка на качеството;
- избор на технически средства за оценка;
- изследване влиянието на параметрите на рязане върху точността и качеството на срезове;

МЕТОДИКА ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Изследванията са проведени в условията на фирма “Спарки – АД”, като резултатите от тях биха имали не само научна, а и практическа стойност най-вече за персонала на фирмата, работещ в газоразкроечния участък при избора на подходящи режими на работа.

От изброените по-горе основни показатели на качеството на повърхнините на разреза, с най-голяма тежест за по-нататъчното изработване на съответното изделие са: правоъгълност или наклон и осреднена височина на грапавините. Поради тази причина е прието именно те да бъдат измервани и контролирани при използването на различни параметри на режима на рязане в процеса на работа.

Чрез предварително ранжиране на факторите, въздействащи върху качеството на среза бе установено, че някои от тях оказват несъществено влияние като: чистота на кислорода, вид на подгриващия пламък, време на задържане при подгриване и разстояние между горелката и обекта на рязане. Дебелината на материала, налягането на режещия кислород и скоростта на рязане, обаче имат по-голямо значение и могат да се приемат за основни фактори.

Изследванията относно влиянието на основните параметри на процеса на рязане върху критериите за качество на разкрояваните повърхности са проведени с помощта на многофакторно планиране [2]. По този начин се постига съкращаване броя на провежданите опити, намаляване разхода на материали и получаване на съответната регресионна зависимост между изследваните фактори и критериите за качество на среза. Многофакторният експеримент е проведен по план от втори порядък, даващ възможност повърхнината на отклика да се опише по-детайлно в областта на екстремума.

Граничните стойности на дебелините, използвани при изследванията са определени на базата на априорна информация от фирма Спарки АД. Те са с относително най-голям дял на използваемост и варират от 30÷50 mm. Препоръчаното налягане на режещия кислород за тези дебелини е 0.06÷0.07 MPa, а скоростта на рязане от 190÷390 mm/min. Видът на обработвания материал е стомана S355J2, съгласно EN 10025-2 и е съобразен с метода на термичен разкрой. Химичният и състав е даден в таблица 1.

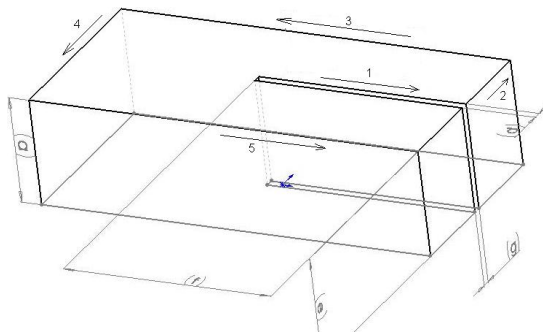
Табл.1 Химичен състав на стомана S355J2

Материал	C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	Cu, %
S355J2C	0.20	0.55	1.6	0.025	0.025	0.55

Формата на използваните заготовки (фиг.1) е правоъгълна, което позволява лесното им базиране и провеждане на необходимите измервания, а размерите на пробните тела са съответно: 150 x 70 x 30, 40, 50 mm.

Изрязването на заготовките започва с термично пробиване метала в средната му част и получаване на частичен разрез (поз. 1) с дължина 80mm., което осигурява възможност за провеждане на съответните измервания на параметрите на качество. След това рязането продължава по затворен контур (поз. 2,3,4,5) . Измерванията за правоъгълност или наклон се извършват в три точки отстоящи на 20mm. една от друга, чрез индикаторен вътример. За осреднената височина на грапавините пробата се разделя на пет участъка, три от тях с дължина 50mm., а останалите два – 75mm. Тук е използван индикаторен уред за непрекъснато сондиране в посока на

рязане – SURFTEST SJ – 201P. Същият е с диамантен връх на опипващата глава с $r = 2\mu\text{m}$.



Фиг.1 Форма на пробното тяло
 а – дебелина на детайла; d – горна широчина на среза;
 g – долна широчина на среза; f – дължина на среза;

Машината, с която се проведеха изследванията е RUR 3500 (MAGNUM). Същата може да бъде използвана за дебелини от $2\div 125\text{mm}$ и максимални скорости на рязане от $160\div 600\text{ mm/min}$ в зависимост от дебелината на материала.

РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

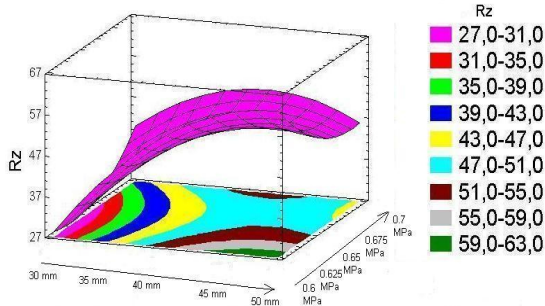
Резултатите от проведеният планиран експеримент от втори порядък показващи влиянието на параметрите на режима на рязане върху осреднената височина на грапавините са дадени в таблица 2.

Резултати от измерванията на R_z Табл.2

№ Опит	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	\bar{Y}
1	50	0,7	390	84.80	68.75	65.82	63.04	61.34	68.75
2	30	0,7	390	67.91	61.13	60.74	72.97	72.54	67.06
3	50	0,6	390	85.05	87.63	93.04	79.91	75.75	84.28
4	30	0,6	390	68.69	64.40	69.49	62.25	52.48	63.46
5	50	0,7	190	71.24	63.28	52.82	66.12	58.56	62.40
6	30	0,7	190	63.15	52.19	48.13	58.37	56.56	55.68
7	50	0,6	190	78.40	74.69	62.39	72.97	68.75	71.44
8	30	0,6	190	37.63	26.61	19.97	27.56	23.53	27.06
9	50	0,65	290	39.67	53.17	54.11	53.29	56.53	51.35
10	30	0,65	290	27.44	20.93	25.86	15.22	32.30	24.35
11	40	0,7	290	50.80	45.39	33.39	43.91	38.39	42.38
12	40	0,6	290	55.74	66.49	69.06	51.39	64.77	61.49
13	40	0,65	390	77.04	72.47	72.64	85.64	80.52	77.66
14	40	0,65	190	49.50	43.55	57.41	56.33	47.44	50.85
15	40	0,65	290	62.60	51.35	55.83	46.51	46.39	52.54

Където: X1 - дебелина на пробите (mm); X2 - налягане на струята режещ кислород (MPa); X3 - скорост на рязане (mm/min); $Y_1 \div Y_5$ - резултати на отклика от съответните опити; \bar{Y} - измерените стойности на осреднената височина на грапавините в микрометри (μm).

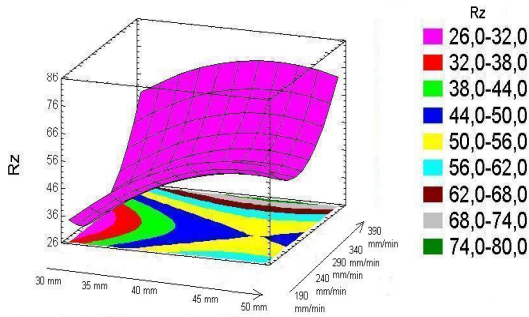
На фигури 2,3 и 4 е показана връзката между дебелината на пробата, налягането на режещия кислород и скоростта на рязане и влиянието им върху грапавината на среза.



Фиг.2 Влияние на дебелината на пробата и налягането на режещия кислород върху грапавината на среза.

Установява се, че с увеличаване дебелината на заготовките дори при сравнително малки стъпки на нарастване на налягането на режещия кислород, височината на грапавините нараства осезаемо. Намалването на

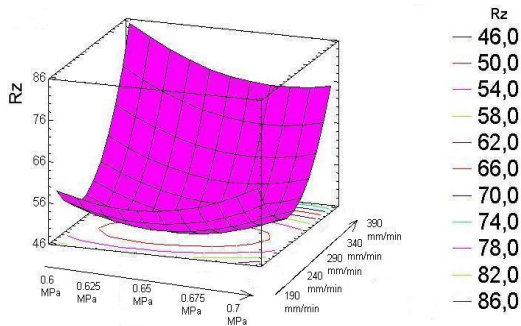
последната е възможно да стане чрез увеличаване на налягането на кислорода до по-големи стойности. Граничните стойности на налягането осигуряват I – II клас на грапавост съгласно EN ISO 9013 (2003 – 17).



Фиг.3 Влияние на дебелината на пробата и скоростта на рязане върху грапавината на среза.

Видно е, че при по-малките дебелини на пробното тяло повишаването на скоростта на рязане е свързано с намаляване на височината на грапавините. С увеличаването на дебелината на заготовките обаче, при постоянна скорост на рязане,

стойностите на височината на грапавините вече нараства. Най-ниска такава можем да получим при детайли с малки дебелини и високи скорости на рязане. При така избраните зависимости стойността на грапавините попадат в II клас на точност съгласно EN ISO 9013 (2003 – 17).



Фиг.4 Влияние на налягането на режещия кислород и скоростта на рязане върху грапавината на среза.

Тези два фактора оказват относително еднакво въздействие върху получените стойности на грапавините. Тяхното увеличение в определени граници води до получаването на минимална

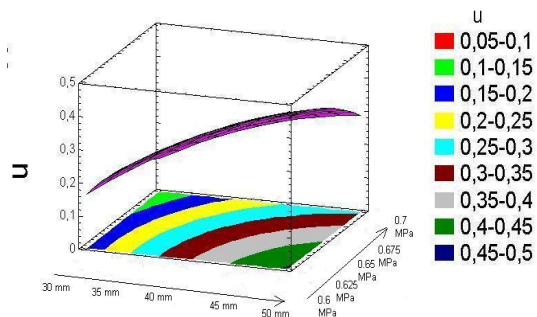
грапавост на среза. Получените грапавини се вменват в II клас на точност, съгласно EN ISO 9013 (2003 – 17).

Резултатите свързани с влиянието на дебелината на материала, налягането на режещия кислород и скоростта на рязане върху правоъгълността или наклона са дадени в таблица 3 и на фигури 5,6 и 7.

Резултати от измерванията на "u" Табл.3

№ Опит	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	\bar{Y}
1	50	0,7	390	0.250	0.275	0.235	0.253
2	30	0,7	390	0.125	0.175	0.150	0.100
3	50	0,6	390	0.550	0.350	0.550	0.483
4	30	0,6	390	0.125	0.175	0.150	0.150
5	50	0,7	190	0.225	0.250	0.325	0.267
6	30	0,7	190	0.050	0.125	0.050	0.075
7	50	0,6	190	0.200	0.300	0.400	0.300
8	30	0,6	190	0.050	0.125	0.100	0.092
9	50	0,65	290	0.350	0.400	0.575	0.442
10	30	0,65	290	0.200	0.050	0.100	0.117
11	40	0,7	290	0.200	0.100	0.200	0.167
12	40	0,6	290	0.450	0.430	0.350	0.410
13	40	0,65	390	0.350	0.225	0.400	0.325
14	40	0,65	190	0.300	0.250	0.150	0.233
15	40	0,65	290	0.375	0.225	0.260	0.287

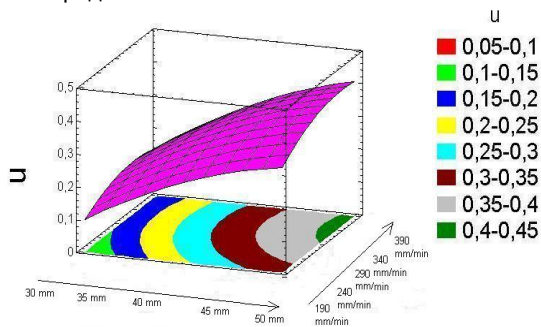
Където: X1 - дебелина на пробите (mm); X2 - налягане на струята режещ кислород (MPa); X3 - скорост на рязане (mm/min); $Y_1 \div Y_3$ - резултати на отклика от съответните опити; \bar{Y} - измерените осреднени стойности на правоъгълност или наклон в mm.



Фиг.5 Влияние на дебелината на пробата и налягането на режещия кислород върху правоъгълността или наклона на среза.

Оказва се, че по-значимия фактор от изследваните два е дебелината на заготовката. Поради това при по-големи нейни стойности получаването на срезове с минимални

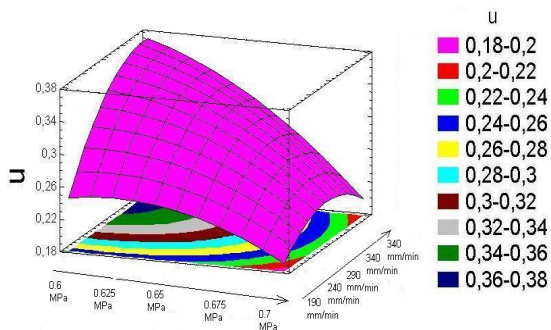
правоъгълност или наклон е възможно при работа с по-високо налягане на режещия кислород.



Фиг.6 Влияние на дебелината на пробата и скоростта на рязане върху правоъгълността или наклона на среза.

Тук и двата параметъра на режима на рязане оказват почти еднакво влияние върху качеството на среза. Максимален наклон "u" е налице при максимални дебелини и

скорости на рязане и обратно. При тази зависимост нивата на правоъгълност или наклон попадат в I клас на точност.



Фиг.7 Влияние на скоростта на рязане и налягането на режещия кислород върху правоъгълността или наклона на среза.

Тук доминиращият фактор се явява налягането на режещия кислород, тъй като при ниски негови стойности независимо от избраната скорост на рязане са налице сравнително големи правоъгълност или наклон "u".

От представените по-горе графични зависимости се оказва, че дебелината на материала и налягането на режещия кислород са основните фактори влияещи на правоъгълността или наклона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установени са най-важните показатели на качество на повърхнините на среза при газокислородно термично рязане, а именно: правоъгълност или наклон и осреднена височина на грапавините. Техните стойности до голяма степен определят необходимостта или липсата на такава от последваща механична обработка.

Проведени са изследвания и са отчетени параметрите на режима на рязане влияещи основно върху качеството на среза. Те са: дебелината на заготовките, скоростта на рязане и налягането на режещия кислород.

Опитно получени и графично представени са връзките между параметрите на режима на рязане и критериите за качество на разреза.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Желев А., Материалознание техника и технология, т.2, Технологични процеси и обработваемост, София, 2002, 430 с.
- [2] Митков А., Кардашевски С., Статистически методи в селскостопанската техника, Земиздат, София, 1977.
- [3] Петров П., Относно показателите на точност и качество при термично рязане в заготовителното производство, Научни трудове на Русенския университет "Ангел Кънчев", 2005, том 44, серия 2 "Прогресивни машиностроителни технологии", с. 250 – 253.
- [4] EN ISO 9013 (2003-07), Термично рязане – класификация на термичните разрези, геометрична спецификация на продукта и качеството.

За контакти:

Гл. ас. Петър Петров, Катедра "Материалознание и технология на материалите", Русенски университет "Ангел Кънчев", Тел.: 082 888206, E-mail: pspetrov@ru.acad.bg; Ст. ас. Николай Фердинандов, Катедра "Материалознание и технология на материалите", Русенски университет "Ангел Кънчев", Тел.: 082 888206, E-mail: nferdinandov@ru.acad.bg ;

Докладът е рецензиран.